



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 39 670 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 05 G 1/14**  
B 60 T 13/66  
B 60 T 7/06

②① Aktenzeichen: 100 39 670.4  
②② Anmeldetag: 14. 8. 2000  
④③ Offenlegungstag: 7. 3. 2002

DE 100 39 670 A 1

⑦① Anmelder:  
Lucas Varity GmbH, 56070 Koblenz, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541 München

⑦② Erfinder:  
Danne, Ulrich, 56170 Bendorf, DE; Gilles, Leo,  
56077 Koblenz, DE; Ohlig, Benedikt, 56179  
Vallendar, DE

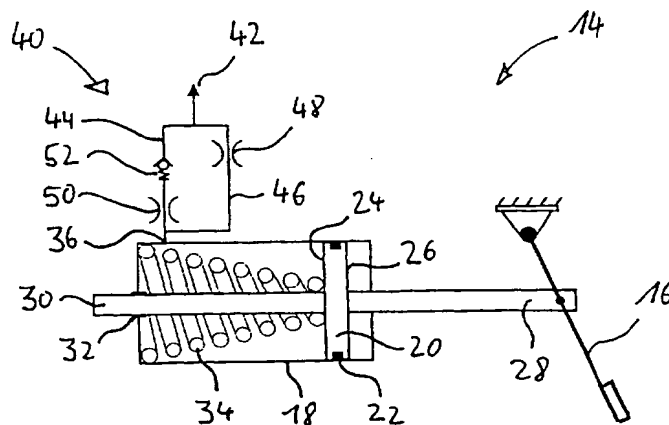
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 196 38 102 C1  
DE 197 55 481 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Pedalsimulationsvorrichtung

⑤⑦ Es wird eine Pedalsimulationsvorrichtung (14) zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals (16) beschrieben. Die Vorrichtung (14) umfaßt einen Zylinder (18), einen innerhalb des Zylinders (18) verschieblich angeordneten Kolben (20), welcher in Wirkverbindung mit dem Pedal (16) steht, ein elastisches Element (34), welches entgegen einer Betätigungsrichtung des Pedals (16) eine Rückstellkraft auf das Pedal (16) ausübt, sowie eine Modelliereinrichtung (40) zum Beeinflussen des Rückwirkverhaltens des Pedals. Der Zylinder enthält ein Gas, welches bei einer Betätigung des Pedals (16) die Modelliereinrichtung (40) durchströmt.



DE 100 39 670 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pedalsimulationsvorrichtung zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals, insbesondere eines Bremspedals, mit einem Zylinder, einem innerhalb des Zylinders verschieblich angeordneten Kolben, welcher in Wirkverbindung mit dem Pedal steht, einem elastischen Element, welches entgegen einer Betätigungsrichtung des Pedals eine Rückstellkraft auf das Pedal ausübt, sowie einer Modelliereinrichtung zum Beeinflussen des Rückwirkverhaltens des Pedals.

[0002] Derartige Simulationsvorrichtungen werden insbesondere bei sogenannten Brake-by-wire-Fahrzeugbremsanlagen wie elektrohydraulischen Bremsanlagen oder elektromotorischen Bremsanlagen, bei denen im normalen Bremsanlagenbetrieb das Bremspedal von der Bremskrafterzeugung entkoppelt ist, verwendet, um dem Fahrer trotz der Kraftentkopplung das gewohnte Bremspedalgefühl zu vermitteln.

[0003] Solche Bremsanlagen weisen außer der Simulationsvorrichtung stets noch eine der Simulationsvorrichtung nachgeschaltete Bremskrafterzeugereinheit auf. Mittels geeigneter Sensoren werden betätigungsrelevante Größen wie die Betätigungskraft, der Betätigungsweg oder die Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals ermittelt und in einer elektronischen Steuereinrichtung aufbereitet. Die elektronische Steuereinrichtung steuert daraufhin die Bremskrafterzeugereinheit an, welche einen dem Fahrerwunsch entsprechenden Bremskraftverlauf an den Radbremsen erzeugt.

[0004] Bei herkömmlichen Simulationsvorrichtungen wirkt auf das Bremspedal die Rückstellkraft einer sich an der Fahrzeugkarosserie abstützenden Rückstellfeder. Derartige Simulationsvorrichtungen werden dem komplexen, bremspedalwegabhängigen Verlauf der Bremspedalgegenkraft bei Bremsanlagen ohne Simulationsvorrichtung jedoch nicht gerecht. Insbesondere die bei derartigen Bremsanlagen auftretende Hysterese der Bremspedalgegenkraft läßt sich durch eine Simulationsvorrichtung, welche lediglich eine Rückstellfeder umfaßt, nicht nachbilden.

[0005] Eine diesbezüglich verbesserte Simulationsvorrichtung für das Rückwirkverhalten eines Bremspedals ist aus der DE 196 38 102 als Teil einer elektronisch gesteuerten, hydraulischen Fahrzeugbremsanlage bekannt. Die Simulationsvorrichtung umfaßt einen Hauptbremszylinder, eine dem Hydraulikdruck aus dem Hauptbremszylinder entgegenwirkende Federanordnung, welche in einem weiteren Zylinder angeordnet ist, sowie eine Modelliereinrichtung. Die Modelliereinrichtung ist in der Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder und der von dem weiteren Zylinder aufgenommenen Federanordnung angeordnet und umfaßt eine Reihe von Drosselventilen. Bei der aus der DE 196 38 102 bekannten Simulationsvorrichtung wird das Rückwirkverhalten des mit einem Kolben des Hauptbremszylinders gekoppelten Bremspedals durch das Zusammenspiel der Rückstellfeder des Hauptbremszylinders, der Modelliereinrichtung sowie der in dem weiteren Zylinder aufgenommenen Federanordnung simuliert.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Simulationsvorrichtung für das Rückwirkverhalten eines Bremspedals anzugeben, welche außer einer hohen Zuverlässigkeit einen einfachen Aufbau aufweist.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Simulationsvorrichtung der eingangs geschilderten Art derart weitergebildet, daß der Zylinder, innerhalb dessen der mit dem Pedal in Wirkverbindung stehende Kolben angeordnet ist, ein Gas enthält, welches bei einer Betätigung des Pedals die Modelliereinrichtung durchströmt.

[0008] Bei einer Betätigung des Pedals wird somit zunächst das in dem Zylinder enthaltene Gas durch den verschieblich innerhalb des Zylinders angeordneten Kolben komprimiert. Folglich wirkt außer der Rückstellkraft des elastischen Elementes zusätzlich der pneumatische Rückwirkdruck des komprimierten Gases einer Bewegung des Pedals in Betätigungsrichtung entgegen. Aufgrund seiner Kompression durchströmt das Gas die Modelliereinrichtung, welche den Aufbau und zweckmäßigerweise auch den Abbau des pneumatischen Rückwirkdruckes beeinflusst. Durch das Zusammenspiel der Rückstellkraft des elastischen Elementes und des durch die Modelliereinrichtung beeinflussten Rückwirkdruckes des komprimierten Gases läßt sich das gewünschte Rückwirkverhalten des Pedals simulieren.

[0009] Vorzugsweise ist die Simulationsvorrichtung derart ausgestaltet, daß bei einer Kompression des Gases das Gas aus dem Zylinder entweicht. Die Modelliereinrichtung kann dabei entweder innerhalb, außerhalb oder teils innerhalb und teils außerhalb des Zylinders angeordnet sein.

[0010] Da die erfindungsgemäße Simulationsvorrichtung nicht mit Hydraulikflüssigkeit, sondern trocken, d. h. mit einem Gas arbeitet, entfällt das Vorsehen teurer und leckanfälliger Hydraulikkomponenten für die Simulationsvorrichtung. Weiterhin gestattet die Möglichkeit, den Zylinder mit Hilfe der Modelliereinrichtung unmittelbar mit Atmosphärendruck zu verbinden, den Verzicht auf herkömmliche Reservoirs, wie sie im Stand der Technik zur Aufnahme der Hydraulikflüssigkeit eingesetzt werden. Das Gas, in diesem Fall Luft, entweicht bei einer Betätigung des Pedals durch die Modelliereinrichtung aus dem Zylinder in die Umgebungsatmosphäre und strömt beim Rückhub des Pedals wieder aus der Umgebungsatmosphäre durch die Modelliereinrichtung in den Zylinder.

[0011] Obwohl die erfindungsgemäße Simulationsvorrichtung ohne Reservoir für das Gas betrieben werden kann, ist es gleichfalls denkbar, ein solches Reservoir für das Gas vorzusehen. Die Modelliereinrichtung ist in diesem Fall vorzugsweise zwischen dem Zylinder und diesem Reservoir für das Gas angeordnet.

[0012] Für die Modelliereinrichtung stehen viele mögliche Ausgestaltungen zur Verfügung. Wesentlich ist in jedem Fall, daß die Modelliereinrichtung in der Lage ist, den Druckaufbau bei einer Kompression des Gases zu beeinflussen.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Modelliereinrichtung mindestens eine Drosseleinrichtung. Diese Drosseleinrichtung kann im einfachsten Fall als eine Querschnittsverjüngung in einem Strömungspfad des Gases ausgestaltet sein. So ist es beispielsweise möglich, als Drosseleinrichtung eine Durchtrittsöffnung mit definiertem Querschnitt in einer Wand des Zylinders oder des Kolbens vorzusehen.

[0014] Auch mehrteilige Drosseleinrichtungen sind denkbar. So kann die Drosseleinrichtung ein vorzugsweise statt mit dem Kolben gekoppeltes, bewegliches Drosselement sowie eine Durchtrittsöffnung für das Gas, in welche das Drosselement infolge einer Betätigung des Pedals einzutauchen vermag, umfassen. Je nach Stellung des Drosselementes bezüglich der Gasdurchtrittsöffnung erfolgt der Aufbau des Rückstelldruckes bei einer Kompression des Gases unterschiedlich schnell. Das mit dem Kolben gekoppelte Drosselement kann entlang seiner axialen Erstreckung einen veränderlichen Querschnitt aufweisen, so daß der freie Durchmesser der Gasdurchtrittsöffnung von der Stellung des Kolbens und damit vom Pedalweg abhängig ist. Die Gasdurchtrittsöffnung kann in einer Wand des Zylinders und vorzugsweise in dessen Stirnseite ausgebildet sein.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß die Modelliereinrichtung mindestens zwei Strömungspfade umfaßt. Das in die Modelliereinrichtung von außen oder vom Zylinder eintretende Gas kann dann auf unterschiedlichen Wegen die Modelliereinrichtung passieren.

[0016] In mindestens einem der Strömungspfade kann ein Rückschlagventil angeordnet sein, welches bei einer Betätigung des Pedals diesen Strömungspfad für das Gas sperrt. Weiterhin kann in mindestens einem weiteren der Strömungspfade ein Rückschlagventil angeordnet sein, welches bei einem Rückhub des Pedals diesen Strömungspfad für das Gas sperrt. Durch das Vorsehen von Rückschlagventilen ist es möglich, je nach Richtung, in welche das Gas die Modelliereinrichtung durchströmt, einen bestimmten Strömungspfad für das Gas freizugeben oder zu sperren.

[0017] Weiterhin kann die Modelliereinrichtung mindestens eine, beispielsweise manuell oder elektrisch verstellbare Drosseleinrichtung umfassen. Eine verstellbare Drosseleinrichtung gestattet u. a. eine von Betriebsparametern des Fahrzeugs abhängige Simulation des Rückwirkverhaltens des Pedals. So kann die Stellung der Drosseleinrichtung in Abhängigkeit von dem Betätigungsweg, der Betätigungsgeschwindigkeit oder der Betätigungskraft des Pedals beeinflußt werden. Auch eine Simulation des Rückwirkverhaltens in Abhängigkeit vom Beladungszustand des Fahrzeugs oder vom Zustand der Fahrzeugbremsen ist möglich.

[0018] Bei Verwendung einer elektrisch verstellbaren Drosseleinrichtung ist zweckmäßigerweise eine elektronische Steuereinrichtung für diese Drosseleinrichtung vorhanden. Mittels dieser Steuereinrichtung läßt sich die Stellung der Drosseleinrichtung beispielsweise in Abhängigkeit von einem Sensorsignal beeinflussen.

[0019] Der mit dem Pedal in Wirkverbindung stehende Kolben kann einen sich in Betätigungsrichtung erstreckenden und starr mit dem Kolben gekoppelten Fortsatz aufweisen, der auf der dem Pedal abgewandten Seite aus dem Zylinder herausragt. Mit Hilfe dieses Fortsatzes können die vom Pedal in den Kolben eingeleiteten Betätigungskräfte weitergeleitet werden, um beispielsweise eine dem Zylinder funktionell nachgeschaltete Betätigungseinheit zu betätigen. So kann daran gedacht werden, den Fortsatz zur Realisierung einer sogenannten Push-through-Option zu verwenden, um im Falle eines Ausfalls der Bremsanlage eine hydraulische Notverbindung zwischen dem Pedal und den Radbremsen herzustellen.

[0020] Das elastische Element, welches eine Rückstellkraft auf das Pedal ausübt, ist vorzugsweise als eine im Inneren des Zylinders angeordnete Rückstellfeder ausgestaltet. Es könnte jedoch auch daran gedacht werden, das elastische Element außerhalb des Zylinders derart anzuordnen, daß es beispielsweise mit dem aus dem Zylinder herausragenden Fortsatz des Kolbens zusammenwirkt.

[0021] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Ausführungsbeispielen und den Figuren. Es zeigt:

[0022] Fig. 1 eine grafische Darstellung der Bremspedalgegenkraft in Abhängigkeit vom Bremspedalweg bei einer Bremsanlage ohne Simulationsvorrichtung;

[0023] Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung;

[0024] Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung;

[0025] Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung; und

[0026] Fig. 5 ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung.

[0027] In Fig. 1 ist die Abhängigkeit der Bremspedalge-

genkraft vom Bremspedalweg für eine Bremsung mit hoher Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals bei einer einen Unterdruck-Bremskraftverstärker umfassenden Bremsanlage ohne Simulationsvorrichtung dargestellt.

[0028] Die von den Betätigungskurven 10 und 11 eingeschlossene Fläche 12 entspricht der Hysterese der Bremspedalgegenkraft. Die Hysterese ist Ausdruck dessen, daß die Bremspedalgegenkraft bei einer Bremspedalbetätigung einer anderen Kennlinie als bei einem Bremspedalrückhub folgt. Die Hysterese gibt damit an, um wieviel der Fahrer die Bremspedalkraft aus einer betätigten Stellung des Bremspedals reduzieren muß, um einen Bremspedalrückhub einzuleiten.

[0029] Wie sich aus Fig. 1 ergibt, nimmt bei einer herkömmlichen Bremsanlage die Bremspedalgegenkraft nahezu stetig mit steigendem Bremspedalweg zu. Die Hysterese fläche vergrößert sich. Im Zusammenhang mit Fig. 1 ist zu beachten, daß die Hysterese abhängig von der Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals ist, und bei geringeren Betätigungsgeschwindigkeiten weniger ausgeprägt ist.

[0030] Der in Fig. 1 dargestellte Verlauf der Bremspedalgegenkraft für eine bestimmte Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals ist dem Fahrer wohl vertraut. Aus diesem Grund ist es wünschenswert, bei Bremsanlagen mit einem von der Bremskrafterzeugereinheit kraftenkoppelten Bremspedal eine Simulationsvorrichtung vorzusehen, welche den in Fig. 1 gezeigten Verlauf der Bremspedalgegenkraft und insbesondere die Hysterese so gut wie möglich nachzubilden vermag.

[0031] In Fig. 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung 14 für das Rückwirkverhalten eines Bremspedals 16 dargestellt. Die Simulationsvorrichtung 14 umfaßt einen Zylinder 18, in dem ein scheibenförmiger Kolben 20 verschieblich angeordnet ist. Der Kolben 20 weist an seiner der Zylinderwand zugewandten Umfangsfläche eine ringförmige Dichtung 22 auf.

[0032] Der Kolben 20 besitzt zwei sich gegenüberliegende Oberflächen 24, 26, die senkrecht zu einer Längsachse des Zylinders 18 verlaufen. In der Mitte der dem Bremspedal 16 zugewandten Oberfläche 26 des Kolbens 20 ist ein erster stangenförmiger Fortsatz 28 starr mit dem Kolben 20 verbunden. Dieser erste stangenförmige Fortsatz 28 ragt auf der dem Bremspedal 16 zugewandten Seite aus dem Zylinder 18 heraus und steht mit seinem dem Bremspedal 16 zugewandten Ende in Wirkverbindung mit dem Bremspedal 16. Bei einer Betätigung des Bremspedals 16 wird folglich die vom Fahrer aufgebrauchte Betätigungskraft vom Bremspedal 16 in den ersten stangenförmigen Fortsatz 28 und von dem ersten stangenförmigen Fortsatz 28 in den Kolben 20 eingeleitet.

[0033] Ein zweiter stangenförmiger Fortsatz 30, welcher ebenfalls starr mit dem Kolben 20 verbunden ist, erstreckt sich von der dem Bremspedal 16 abgewandten Oberfläche 24 des Kolbens 20 in Betätigungsrichtung und ragt von einer Dichtung 32 abgedichtet an seinem dem Bremspedal 16 abgewandten Ende aus dem Zylinder 18 heraus.

[0034] Innerhalb des Zylinders 18 ist ein elastisches Element in Gestalt einer Rückstellfeder 34 angeordnet, welche den Kolben 20 in seiner Ausgangsstellung entgegen der Betätigungsrichtung des Bremspedals 16 gegen die dem Bremspedal 16 zugewandte Stirnseite des Zylinders 18 spannt. Wird das Bremspedal 16 aus einer Betätigungsstellung heraus freigegeben, so kehrt der Kolben 20 durch die Rückstellkraft der Rückstellfeder 34 aus der Betätigungsstellung wieder in seine Ausgangsstellung zurück.

[0035] An seinem dem Bremspedal 16 abgewandten Ende weist der Zylinder 18 eine Durchtrittsöffnung 36 auf. Über

diese Durchtrittsöffnung ist der Zylinder 18 über eine Modelliereinrichtung 40 mit der Umgebungsatmosphäre 42 verbunden.

[0036] Die Modelliereinrichtung 40 weist zwei parallele Strömungspfade 44 und 46 auf, welche beide sowohl mit der Durchtrittsöffnung 36 des Zylinders 18 als auch mit der Umgebungsatmosphäre 42 verbunden sind. In jedem der beiden Strömungspfade 44 und 46 ist jeweils eine Drosseleinrichtung 48 und 50 angeordnet. Jede dieser Drosseleinrichtungen 48, 50 stellt für die durch den jeweiligen Strömungspfad 44, 46 strömende Luft einen Strömungswiderstand dar.

[0037] In dem Strömungspfad 44 der Drosseleinrichtung 50 ist zusätzlich ein Rückschlagventil 52 vorgesehen, welches bei einer Betätigung des Bremspedals 16, d. h. wenn das Gas vom Zylinder 18 in die Modelliereinrichtung 40 strömt, den Strömungspfad 44 sperrt.

[0038] Das in Fig. 2 dargestellte erste Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung 14 funktioniert wie folgt. Bei einer Betätigung des Bremspedals 16 in Betätigungsrichtung, d. h. in Fig. 2 nach links, werden die vom Bremspedal 16 in den ersten stangenförmigen Fortsatz 28 eingeleiteten Betätigungskräfte von dem Fortsatz 28 auf den Kolben 20 übertragen. Der Kolben 20 verschiebt sich folglich in Betätigungsrichtung entgegen der Rückwirkkraft der Rückstellfeder 34. Gleichzeitig wird das zwischen der dem Bremspedal 16 abgewandten Oberfläche 24 des Kolbens 20 und der dem Bremspedal 16 abgewandten Stirnfläche des Zylinders 18 angeordnete Gas komprimiert. Innerhalb des Zylinders 18 baut sich infolge der Kompression der darin angeordneten Luft ein pneumatischer Rückwirkdruck auf, welcher zusätzlich zur Rückstellkraft der Rückstellfeder 34 einer Verschiebung des Bremspedals 16 in Betätigungsrichtung entgegenwirkt.

[0039] Aufgrund der Kompression der Luft innerhalb des Zylinders 18 strömt dieses durch die Durchtrittsöffnung 36 in die Modelliereinrichtung 40. Da das Rückschlagventil 52 den Strömungspfad 44 mit der Drosseleinrichtung 50 sperrt, wählt die aus dem Zylinder 18 über die Durchtrittsöffnung 36 austretende Luft den Strömungspfad 46 mit der Drosseleinrichtung 48 und gelangt über den Strömungspfad 46 schließlich in die Umgebungsatmosphäre.

[0040] Der Öffnungsquerschnitt der Drosseleinrichtung 48 ist derart gewählt, daß sich bei einer Betätigung des Bremspedals 16 ein definierter Rückwirkdruck innerhalb des Zylinders 18 einstellen kann. Über die Wahl des Öffnungsquerschnitts der Drosseleinrichtung 48 läßt sich somit die insgesamt auf das Bremspedal wirkende und sich aus der Rückstellkraft der Rückstellfeder 34 und dem Rückwirkdruck der komprimierten Luft zusammensetzende Bremspedalgegenkraft gemäß Kurve 10 des in Fig. 1 dargestellten Gegenkraftverlaufs einstellen.

[0041] Wird das Bremspedal 16 nach Abschluß des Bremsvorganges vom Fahrer freigegeben, so bewegt die Rückstellkraft der Rückstellfeder 34 den Kolben 20 entgegen der Betätigungsrichtung in seine Ausgangsstellung zurück. Durch die damit einhergehende Expansion des Volumens zwischen der dem Bremspedal 16 abgewandten Oberfläche 24 des Kolbens 20 und der dem Bremspedal 16 abgewandten Stirnfläche des Zylinders 18 wird Luft von der Umgebungsatmosphäre durch die Modelliereinrichtung 40 und die Durchtrittsöffnung 36 in den Zylinder 18 zurückgesaugt. Aufgrund dieser Luftströmungsrichtung öffnet sich das Rückschlagventil 52 und die in den Zylinder 18 zurückströmende Luft durchströmt beide Strömungspfade 44, 46 der Modelliereinrichtung gleichzeitig. Die Luft strömt folglich sowohl durch die Drosseleinrichtung 48 des Strömungspfad 46 als auch durch die Drosseleinrichtung 50 des Strömungspfad 44 in den Zylinder 18 zurück, so daß der ge-

samte Öffnungsquerschnitt der Modelliereinrichtung 40 für die zurückströmende Luft größer ist als im Falle des Austritts der Luft aus dem Zylinder 18. Beim Zurückströmen der Luft ergibt sich folglich eine wesentlich steilere Kennlinie 11 der Gegenkraft (Fig. 1).

[0042] In Fig. 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung 14 dargestellt. Die Simulationsvorrichtung 14 gemäß Fig. 3 stimmt im wesentlichen mit der Simulationsvorrichtung gemäß Fig. 2 überein. Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel umfaßt die Modelliereinrichtung 40 jedoch keine Drosseleinrichtungen mit festem Öffnungsquerschnitt, sondern pro Strömungspfad 44, 46 jeweils eine elektrisch verstellbare Drosseleinrichtung 48, 50.

[0043] Jede dieser beiden elektrisch verstellbaren Drosseleinrichtungen 48, 50 ist mit einer elektronischen Steuereinrichtung 60 verbunden. Die Steuereinrichtung 60 ist mit einem ersten Sensor 62 verbunden, welcher beispielsweise Informationen über die Betätigungsgeschwindigkeit, den Betätigungsweg oder die Betätigungskraft des Bremspedals 16 dem Steuergerät 60 zur Verfügung stellt. Das Steuergerät 60 ermöglicht daher eine Steuerung der elektrisch verstellbaren Drosseleinrichtungen 48, 50 derart, daß der in Fig. 1 dargestellte Verlauf der Bremspedalgegenkraft, welcher sowohl vom Betätigungsweg als auch von der Betätigungsgeschwindigkeit abhängt, sehr genau modelliert werden kann.

[0044] Wie Fig. 3 entnommen werden kann, ist die Steuereinrichtung 60 noch mit einem zweiten Sensor 64 zur Ermittlung der Fahrzeugbeschleunigung bzw. der Fahrzeugverzögerung verbunden. Bei diesem Sensor 64 kann es sich beispielsweise um den Raddrehzahlsensor einer ABS-Anlage handeln. Auch die Signale des zweiten Sensors 64 können zur Steuerung der elektrisch verstellbaren Drosseleinrichtungen 48, 50 herangezogen werden.

[0045] In Fig. 4 ist ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung 14 dargestellt. Auch das dritte Ausführungsbeispiel baut im wesentlichen auf dem in Fig. 2 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel auf. Im Strömungspfad 46 der Modelliereinrichtung 40 ist jedoch zusätzlich zu der Drosseleinrichtung 48 noch eine weitere, zuschaltbare Drosseleinrichtung 70 sowie ein Rückschlagventil 72 angeordnet. Das Rückschlagventil 72 ist derart ausgestaltet, daß es bei einem Rückhub des Bremspedals 16 den Strömungspfad 46 sperrt. Folglich tritt bei einer Betätigung des Bremspedals 16 in Betätigungsrichtung Luft aus dem Zylinder 18 über den Strömungspfad 46 in die Umgebungsatmosphäre 42 aus und wird bei einem Rückhub des Bremspedals 16 Luft aus der Umgebungsatmosphäre über den weiteren Strömungspfad 44 in den Zylinder 18 angesaugt.

[0046] Die zuschaltbare Drosseleinrichtung 70 stellt in ihrer in Fig. 4 dargestellten Grundstellung keinen Strömungswiderstand im Strömungspfad 46 dar. Durch Zuschalten der Drosseleinrichtung 70 läßt sich jedoch ein weiterer, elektrisch verstellbarer Strömungswiderstand in den Strömungspfad 46 einbringen.

[0047] Wie Fig. 4 entnommen werden kann, weist die Simulationsvorrichtung 14 zusätzlich eine Steuereinrichtung 60 sowie einen mit der Steuereinrichtung elektrisch verbundenen Sensor 66 zur Erfassung des Luftdrucks innerhalb des Zylinders 18 auf. Die Steuereinrichtung 60 ist mit der zuschaltbaren Drosseleinrichtung 70 verbunden und ermöglicht daher eine Drosselung der aus dem Zylinder 18 austretenden Luft in Abhängigkeit vom Luftdruck innerhalb des Zylinders 18. Auf diese Weise läßt sich zum Beispiel ein zweistufiger Verlauf der Bremspedalgegenkraft in Abhängigkeit von der Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals 16 erzielen. Bei einer langsamen Betätigung des

Bremspedals 16 wird der Luftdruck innerhalb des Zylinders 18 nur langsam ansteigen und es ist nur eine vergleichsweise geringe Bremspedalgegenkraft zu modellieren. Bei einer schnellen Betätigung des Bremspedals 16 hingegen steigt der Luftdruck innerhalb des Zylinders 18 vergleichsweise schnell an. Dieser schnelle Anstieg wird von dem Sensor 66 erfaßt und die Steuereinrichtung 60 schaltet daraufhin die zusätzliche Drosseleinrichtung 70 zu. In diesem Fall ist die Bremspedalgegenkraft folglich höher als bei einer Betätigung des Bremspedals 16 mit geringer Betätigungsgeschwindigkeit. Dies entspricht der in Fig. 1 dargestellten Betriebssituation.

[0048] In Fig. 5 ist ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Simulationsvorrichtung 14 dargestellt. Bei der in Fig. 5 dargestellten Simulationsvorrichtung 14 stimmt die Modelliereinrichtung 40 insoweit mit den Modelliereinrichtungen der vorhergehenden Ausführungsbeispiele überein, als wiederum zwei Strömungspfade 44, 46 vorgesehen sind. Der erste Strömungspfad 44 schließt sich wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen an eine Durchtrittsöffnung 36 des Zylinders 18 an, welche an einem dem Bremspedal 16 abgewandten Endabschnitt des Zylinders 18 ausgebildet ist. Auch beim vierten Ausführungsbeispiel ist das Rückschlagventil 52 im Strömungspfad 44 derart ausgebildet, daß der Strömungspfad 44 bei einer Betätigung des Bremspedals 16 gesperrt wird.

[0049] Der weitere Strömungspfad 46 ist abweichend von den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ausgestaltet. Im Strömungspfad 46 ist eine zweiteilige Drosseleinrichtung 80, 82 angeordnet. Die Drosseleinrichtung umfaßt eine Durchtrittsöffnung 82, welche in einer dem Bremspedal 16 abgewandten Stirnseite des Zylinders 18 außermittig angeordnet ist, sowie ein dornförmiges Drosselelement 80. Das Drosselelement 80 ist ebenfalls außermittig auf der dem Bremspedal 16 abgewandten Oberfläche 24 des Kolbens 20 starr befestigt und erstreckt sich von dieser Oberfläche 24 in Betätigungsrichtung.

[0050] Wie Fig. 5 entnommen werden kann, weist das dornförmige Drosselelement 80 an seinem dem Bremspedal 16 abgewandten Ende einen spitz zulaufenden Abschnitt 80A auf, welcher in die Durchtrittsöffnung 82 eintaucht. Der freie Öffnungsquerschnitt der Durchtrittsöffnung 82 ist somit eine Funktion des axialen Abstandes des Kolbens 24 von der Durchtrittsöffnung 82. Je geringer dieser axiale Abstand ist, desto weiter taucht das Drosselelement 80 in die Durchtrittsöffnung 82 ein und desto geringer ist aufgrund des entgegen der Betätigungsrichtung zunehmenden Querschnitts des Drosselements 80 der freie Öffnungsquerschnitt der Durchtrittsöffnung 82. Somit ist die Bremspedalgegenkraft um so höher, je größer der Betätigungsweg des Bremspedals 16 ist. Dies entspricht dem in Fig. 1 dargestellten Verlauf der Kurve 10. Andererseits gewährleistet der zum Strömungspfad 46 parallele Strömungspfad 44 mit dem Rückschlagventil 52 im Falle eines Rückhubs des Bremspedals 16 einen starken Abfall der Bremspedalgegenkraft (Kennlinie 11 in Fig. 1).

[0051] Der in Fig. 5 dargestellte axiale Verlauf des Querschnitts des Drosselements 80 ist nur beispielhaft. Es sind auch Geometrien des Drosselements 80 vorstellbar, welche sich entgegen der Betätigungsrichtung verjüngen. Durch den axialen Verlauf des Querschnitts des Drosselements 80 läßt sich somit der Verlauf der Bremspedalgegenkraft nach Belieben modellieren.

[0052] Bei den in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispielen kann die Bremspedalgegenkraft von der Steuereinrichtung 60 an eine Vielzahl von Betriebszuständen des Fahrzeuges angepaßt werden. Zu diesem Zweck werden beispielsweise über die Sensoren 62, 64, 66 aktuelle

Betriebsparameter des Fahrzeugs erfaßt und die einstellbaren Drosseleinrichtungen 48, 50, 70 in Abhängigkeit von diesen Betriebsparametern verstellt. Als Betriebsparameter können beispielsweise der Beladungszustand des Fahrzeuges oder der Zustand der Bremsen erfaßt werden.

[0053] Zur Erfassung eines Betriebsparameters wird die aktuelle Fahrzeugverzögerung, wie sie beispielsweise durch den oben beschriebenen Verzögerungssensor 64 ermittelt wird, für einen gegebenen Betätigungsweg des Bremspedals 16 mit einer vorgegebenen Fahrzeugverzögerung für diesen Betätigungsweg verglichen. Hierzu ist es erforderlich, daß vorab jedem Betätigungsweg des Bremspedals 16 eine entsprechende Fahrzeugverzögerung zugeordnet wird. Wird während eines Bremsvorgangs festgestellt, daß für einen bestimmten Betätigungsweg des Bremspedals 16 die aktuell ermittelte Fahrzeugverzögerung nicht mit der vorgegebenen Fahrzeugverzögerung übereinstimmt, gestattet dies Rückschlüsse auf den Beladungszustand des Fahrzeuges sowie auf den Zustand der Bremsen. Es kann dann in Abhängigkeit vom Beladungszustand oder vom Zustand der Bremsen ein Wechsel von einer ursprünglich vorgesehenen Kennlinie des von einer Bremskrafterzeugereinheit generierten Bremskraftverlaufs auf eine andere Kennlinie stattfinden. Die jeweiligen Kennlinien sind vorab in der Steuereinrichtung 60 hinterlegt. Auf diese Weise ist es möglich, unabhängig vom Beladungszustand oder vom Bremsenzustand bei gleicher Betätigungskraft des Bremspedals 16 immer dieselbe Fahrzeugverzögerung zu erreichen.

[0054] Weiterhin ist es möglich, daß dem Fahrer bestimmte Betriebsparameter durch Erhöhung der Gegenkraft bei einer Betätigung des Bremspedals 16 zur Kenntnis gebracht werden. Dies ist beispielsweise dann zweckmäßig, wenn, wie oben beschrieben, festgestellt wird, daß aufgrund von "Fading" oder aufgrund des Ausfalls einzelner Bremsmodule der aktuelle Zustand der Bremsanlage nicht in Ordnung ist.

[0055] Die vorstehend beschriebenen Simulationsvorrichtungen und Verfahren zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals eignen sich für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen, bei denen Pedale zum Einsatz kommen, und insbesondere für elektrohydraulische oder elektromotorische Bremsanlagen.

#### Patentansprüche

1. Pedalsimulationsvorrichtung (14) zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals (16) mit: einem Zylinder (18); einem innerhalb des Zylinders (18) verschieblich angeordneten Kolben (20), welcher in Wirkverbindung mit dem Pedal (16) steht; einem elastischen Element (34), welches bei einer Betätigung des Pedals (16) eine Rückstellkraft auf das Pedal (16) ausübt; und einer Modelliereinrichtung (40) zum Beeinflussen des Rückwirkverhaltens des Pedals (16); **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zylinder (18) ein Gas enthält, welches bei einer Betätigung des Pedals (16) die Modelliereinrichtung (40) durchströmt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Modelliereinrichtung (40) den Zylinder (18) mit der Umgebungsatmosphäre (42) verbindet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Modelliereinrichtung (40) mindestens eine Drosseleinrichtung (48, 50, 70, 80, 82) umfaßt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosseleinrichtung ein mit dem Kol-

ben (20) gekoppeltes Drosselelement (80) und eine Durchtrittsöffnung (82) für das Gas, in welche das Drosselelement (80) bei einer Betätigung des Pedals (16) eintaucht, umfaßt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Drosselelement (80) einen entlang einer axialen Erstreckung des Drosselements (80) veränderlichen Querschnitt aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsöffnung (82) im Zylinder (18) ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Modelliereinrichtung (40) mindestens zwei Strömungspfade (44, 46) umfaßt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modelliereinrichtung mindestens ein Rückschlagventil (52, 72) umfaßt, welches entweder bei einer Betätigung des Pedals (16) oder bei einem Rückhub des Pedals (16) einen der Strömungspfade (44, 46) sperrt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Modelliereinrichtung (40) mindestens eine verstellbare Drosseleinrichtung (48, 50) umfaßt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinrichtung (60) für die mindestens eine verstellbare Drosseleinrichtung (48, 50) vorhanden ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (20) einen sich in Betätigungsrichtung erstreckenden und starr mit dem Kolben (20) gekoppelten Fortsatz (30) aufweist, der auf der dem Pedal (16) abgewandten Seite aus dem Zylinder (18) herausragt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das elastische Element als eine im Inneren des Zylinders (18) angeordnete Rückstellfeder (34) ausgestaltet ist.

13. Verfahren zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals (16) mit Hilfe einer Vorrichtung (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Betätigung des Pedals (16) eine auf das Pedal (16) wirkende elastische Rückstellkraft sowie eine auf das Pedal (16) wirkende pneumatische Rückwirkkraft erzeugt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betriebsparameter eines Fahrzeugs erfaßt wird und eine verstellbare Drosseleinrichtung (48, 50) der Modelliereinrichtung (40) in Abhängigkeit von diesem Betriebsparameter verstellt wird, um einen Gasstrom durch die Modelliereinrichtung (40) zu ändern.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebsparameter durch Vergleich der aktuellen Fahrzeugverzögerung für einen bestimmten Betätigungsweg des Pedals (16) mit einer vorgegebenen Fahrzeugverzögerung für diesen Betätigungsweg erfaßt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer Abweichung der aktuellen Fahrzeugverzögerung von der vorgegebenen Fahrzeugverzögerung eine Bremskraft-Kennlinie einer Fahrzeugbremsanlage geändert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß einem Fahrer des Fahrzeugs bestimmte Betriebsparameter durch Erhöhung einer der Betätigung des Pedals (16) entgegenwirkenden Gegenkraft zur Kenntnis gebracht werden.

18. Verwendung einer Vorrichtung zum Simulieren des Rückwirkverhaltens eines Pedals (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 für eine elektrohydraulische Bremsanlage oder eine elektromotorische Bremsanlage.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

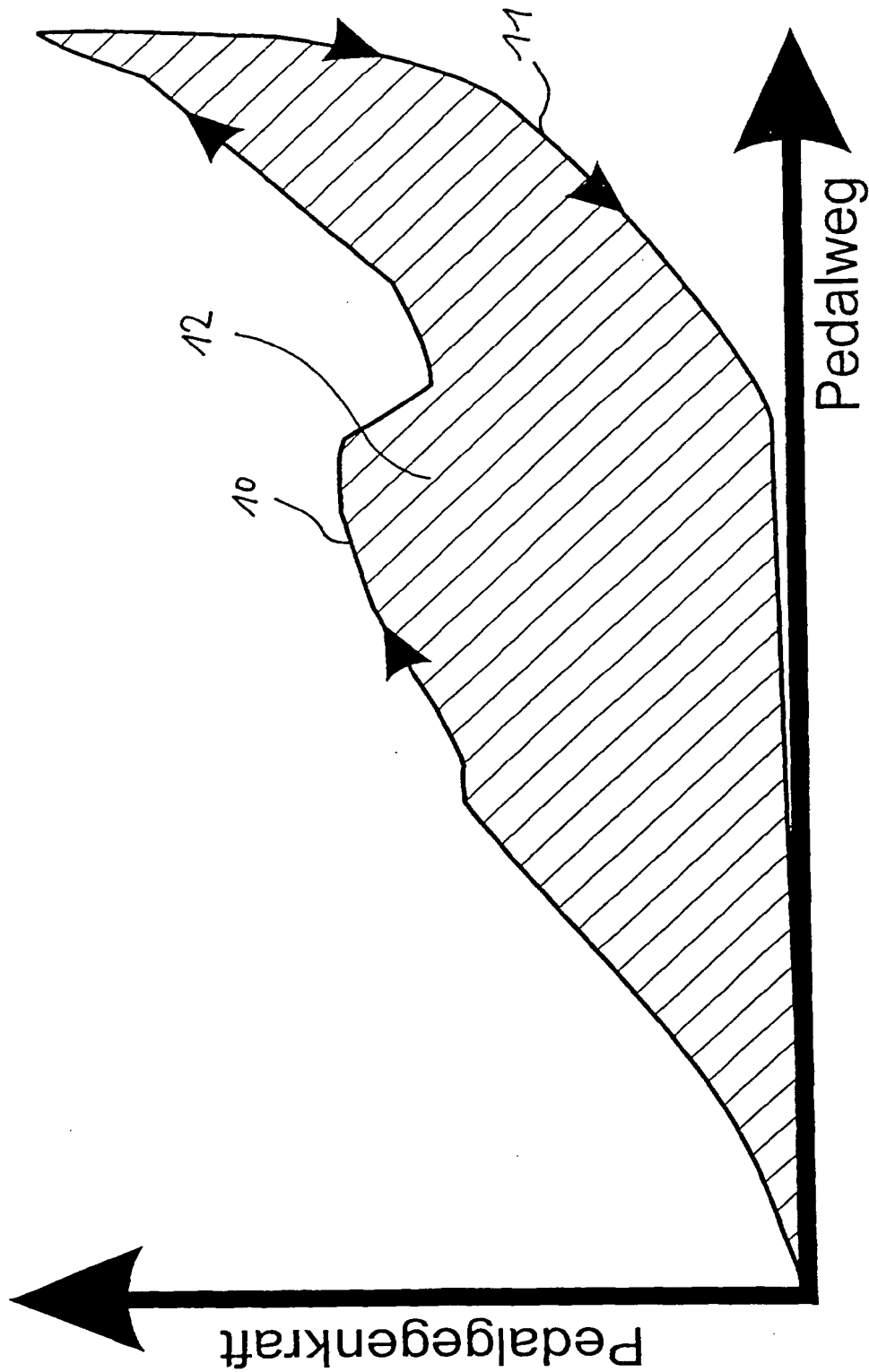


Fig. 1



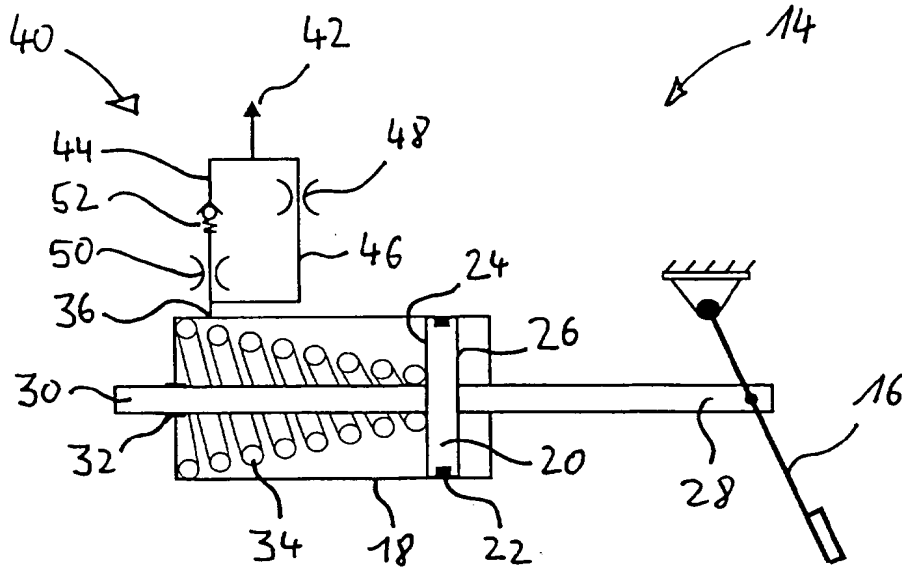


Fig. 2

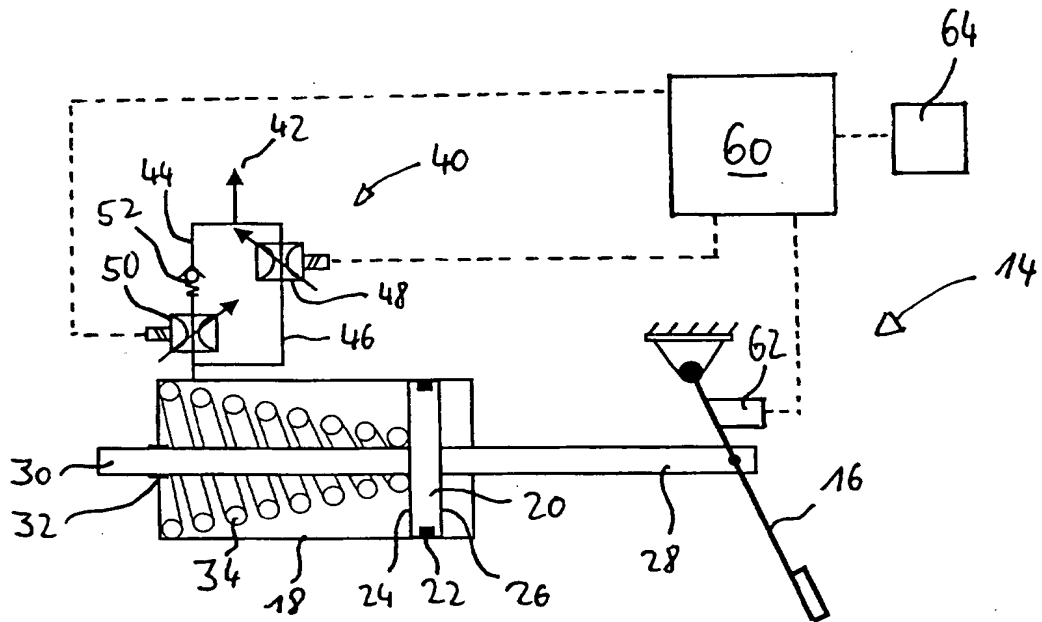


Fig. 3

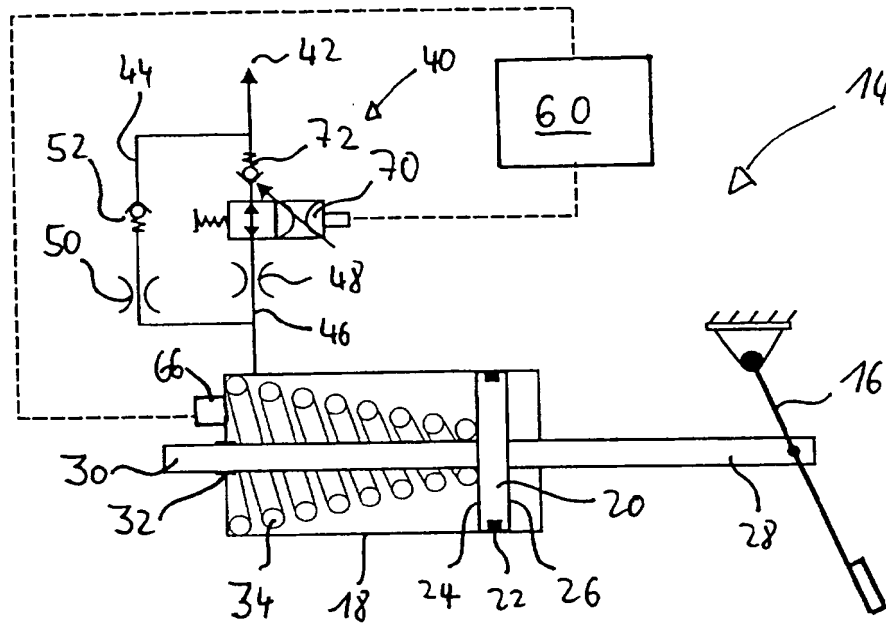


Fig. 4

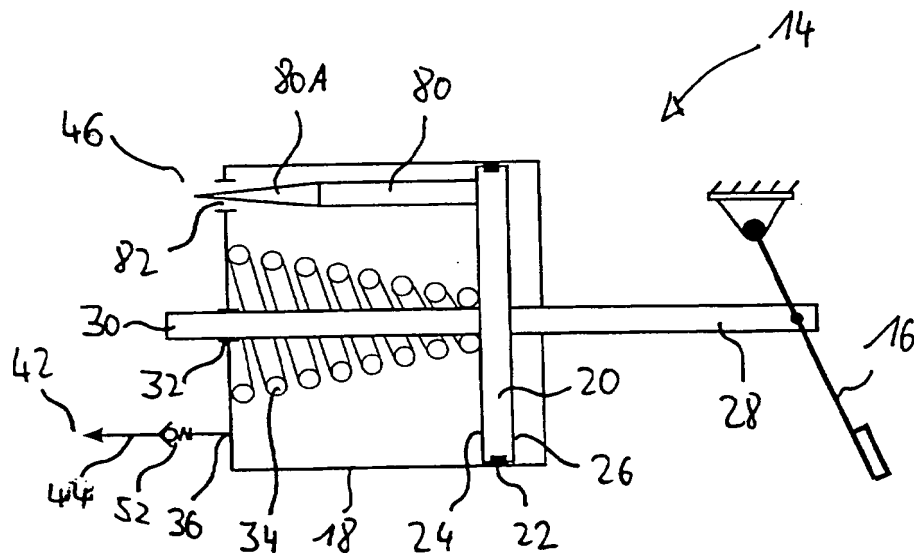


Fig. 5